

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号  
特表2002-527162  
(P2002-527162A)

(43)公表日 平成14年8月27日(2002.8.27)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
A 6 1 B 18/00		A 6 1 B 17/00	3 1 0 4 C 0 6 0
17/00	3 1 0	A 6 1 M 37/00	4 C 0 8 3
A 6 1 M 37/00		A 6 1 K 7/155	4 C 1 6 7
// A 6 1 K 7/155		A 6 1 B 17/36	3 3 0

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 44 頁)

(21)出願番号 特願2000-575583(P2000-575583)  
(86)(22)出願日 平成11年10月8日(1999.10.8)  
(85)翻訳文提出日 平成13年4月9日(2001.4.9)  
(86)国際出願番号 P C T / I L 9 9 / 0 0 5 3 3  
(87)国際公開番号 W O 0 0 / 2 1 6 1 2  
(87)国際公開日 平成12年4月20日(2000.4.20)  
(31)優先権主張番号 1 2 6 5 0 5  
(32)優先日 平成10年10月9日(1998.10.9)  
(33)優先権主張国 イスラエル ( I L )

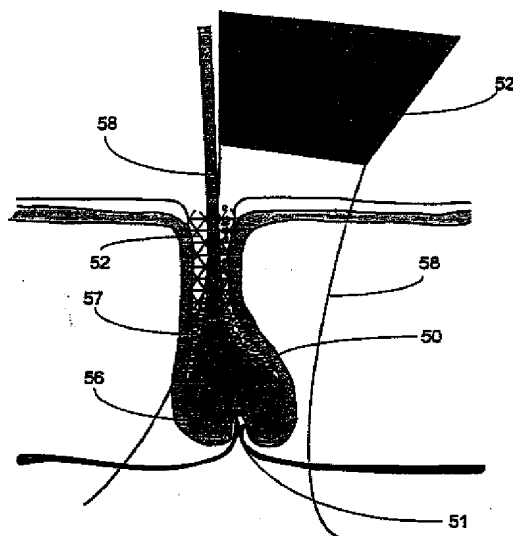
(71)出願人 ウルトラ キュアー リミテッド  
イスラエル国 36601 ネットシャー チャ  
ママット ハテクニオン サイエンス パ  
ーク テクニオン ピー. オー. ボックス  
212  
(72)発明者 ヨニ イゲール  
イスラエル国 34671 ハイファ ズルバ  
ベル ストリート 15  
(72)発明者 ディビッド シャルヘベット  
イスラエル国 25147 クファール ブラ  
ディム ピー. オー. ボックス 658  
(74)代理人 弁理士 瀬谷 徹 (外1名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 体毛除去の方法および装置

(57)【要約】

本発明は、超音波を用いる体毛の除去方法、および該方法に関して用いられる装置およびシステムに関する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 所望の皮膚部位から体毛を除去する美容方法であって、前記皮膚部位に、毛軸、毛根、毛胞、乳頭状突起を破壊する、成長を遅くする、もしくは悪化させる、あるいは毛根もしくは乳頭状突起への血液供給を停止もしくは減少させるパラメーターを有する超音波を照射することからなる美容方法。

【請求項2】 前記所望の皮膚部位に、毛軸、毛根、毛胞、乳頭状突起を破壊するか、成長を遅くする、もしくは悪化させる、あるいは毛根もしくは乳頭状突起への血液供給を停止もしくは減少させるパラメーターを有する焦点を合わせた超音波ビームを照射することからなる請求項1記載の方法。

【請求項3】 超音波照射は、周波数が10kHzから50MHz、強度が $5\text{ W/cm}^2$  から $750\text{ W/cm}^2$ 、持続時間が1ミリ秒から10秒である請求項2記載の方法。

【請求項4】 超音波照射は、周波数が1MHzから10MHz、強度が $30\text{ W/cm}^2$  から $500\text{ W/cm}^2$ 、持続時間が0.01秒から2秒である請求項3記載の方法。

【請求項5】 超音波照射は、周波数が3MHzから7MHz、強度が $100\text{ W/cm}^2$  から $300\text{ W/cm}^2$ 、持続時間が0.1秒から0.5秒である請求項4記載の方法。

【請求項6】 前記所望の皮膚部位に、毛胞内部に空洞効果を起こすパラメーターを有する超音波を照射し、毛軸、毛根、毛胞、乳頭状突起を破壊する、成長を遅くする、もしくは悪化させる、あるいは毛根もしくは乳頭状突起への血液供給を停止もしくは減少させることからなる請求の範囲第1項記載の方法。

【請求項7】 空洞効果を、処理していない皮膚に行わせる請求項6記載の方法。

【請求項8】 照射に先立ち、あるいは同時に、所望の皮膚部位を、毛胞に入ることができる超音波カップリング媒体に浸すことからなる請求項6記載の方法。

【請求項9】 カップリング媒体が、空洞を容易にするための空洞促進剤が加えられている請求項8記載の方法。

【請求項10】 空洞促進剤が、溶解気体である請求項9記載の方法。

【請求項11】 気体が、 $\text{CO}_2$ である請求項10記載の方法。

【請求項12】 空洞促進剤が、崩壊気泡の気体圧力を増加させることができるものである請求項10記載の方法。

【請求項13】 空洞に先立ち、所望の皮膚部位の体毛を機械的に引き抜かれ、空洞が体毛のない部位で生ずる請求項8から12記載の方法。

【請求項14】 超音波照射は、周波数が1 KHzから5 MHz、強度が $0.3 \text{ W/cm}^2$ から $500 \text{ W/cm}^2$ 、持続時間が0.01秒から10分である請求項6記載の方法。

【請求項15】 超音波照射は、周波数が10 KHzから2 MHz、強度が $0.5 \text{ W/cm}^2$ から $50 \text{ W/cm}^2$ 、持続時間が1秒から5分である請求項14記載の方法。

【請求項16】 超音波照射は、周波数が100 KHzから1 MHz、強度が $1 \text{ W/cm}^2$ から $10 \text{ W/cm}^2$ 、持続時間が7秒以内である請求項13記載の方法。

【請求項17】 毛軸が超音波照射の波誘導体として働き、照射を、毛軸を通して、毛根、毛胞、乳頭状突起、あるいは乳頭状突起への血液供給へ伝える請求項1記載の方法。

【請求項18】 超音波照射が少なくとも次に掲げる波の一の形である請求項17記載の方法。

(1) 縦波

(2) せん断波

(3) 屈曲波、および

(4) ねじれ波

【請求項19】 縦波、せん断波、屈曲波、およびねじれ波に対する超音波照射は、周波数が、それぞれに対し1 MHzから50 MHz、0.5 MHzから25 MHz、0.25 MHzから12 MHz、0.25 MHzから12 MHzであり、強度が $0.5 \text{ W/cm}^2$ から $500 \text{ W/cm}^2$ 、持続時間が0.01秒から10秒である縦波、せん断波、屈曲波、およびねじれ波に対して用いられる請

求項17から18記載の方法。

【請求項20】 縦波、せん断波、屈曲波、およびねじれ波に対して用いられる超音波照射は、周波数が、それぞれに対し10MHzから30MHz、5MHzから15MHz、2MHzから7MHz、2MHzから7MHzであり、強度が $3.5\text{ W/cm}^2$  から $50\text{ W/cm}^2$ 、持続時間が1秒から5分である請求項19記載の方法。

【請求項21】 縦波、せん断波、屈曲波、およびねじれ波に対して用いられる超音波照射は、周波数が、それぞれに対し20MHzから25MHz、10MHzから12MHz、5MHzから6MHz、5MHzから6MHzであり、強度が $10\text{ W/cm}^2$  から $20\text{ W/cm}^2$ 、持続時間が7秒以内である請求項20記載の方法。

【請求項22】 共振機を経由して超音波を所望の皮膚部位に照射することにより、毛軸、毛根、毛胞、乳頭状突起を破壊する、成長を遅くする、もしくは悪化させる、あるいは毛根もしくは乳頭状突起への血液供給を停止もしくは減少させることからなる請求項1記載の方法。

【請求項23】 超音波照射は、周波数が1kHzから5MHz、強度が $0.3\text{ W/cm}^2$  から $50\text{ W/cm}^2$ 、持続時間が10ミリ秒から10分である請求項22記載の方法。

【請求項24】 超音波照射は、周波数が1MHzから5MHz、強度が $0.5\text{ W/cm}^2$  から $10\text{ W/cm}^2$ 、持続時間が1秒から5分である請求項23記載の方法。

【請求項25】 超音波照射は、周波数が2MHzから5MHz、強度が $1\text{ W/cm}^2$  から $5\text{ W/cm}^2$ 、持続時間が7秒以内である請求項24記載の方法。

【請求項26】 体毛、毛根、または毛胞を毛の減耗剤の存在下で皮膚部位に照射することからなる請求項1記載の方法。

【請求項27】 前記減耗剤が、毛胞に自然に存在する皮脂である請求項26記載の方法。

【請求項28】 前記減耗剤が次に掲げるグループから選択される請求項2

6 記載の方法。

(1) 超音波照射または露光に対して酸化または発熱反応をすることのできる音感応剤

(2) 毛穴の詰まりを引き起こすことができる油

(3) 毛根、乳頭状突起、または血管細胞の細胞周期を調節することのできる物質

(4) アンドロゲン・ホルモン (androgenic hormones)

【請求項29】 音感応剤が、ガリウムポルヒイリン (gallium porphyrins)、ジメチルスルホキシド、ジメチルフォルマ (dimethyl forma)、およびアドラミシン (adramycin)、 $\text{NaN}_3$ 、ニトロセルロース、窒化有機金属、炭水化物化合物の酸化物から選択される請求項28の方法。

【請求項30】 音感応化合物が、 $\text{O}_2$ 、塩化物、過マンガン酸カリウムからなるグループから選択される酸化反応を容易にすることができる薬剤を含んでいる請求項29の方法。

【請求項31】 細胞の成長周期に影響を与える物質が、サイトカニン (cytokines) である請求項28の方法。

【請求項32】 アンドロゲン・ホルモン (androgenic hormones) がジヒドロテストステロン (dihydrotestosterone) または5-アルファ-レダクターゼ (5-alpha-reductase) である請求項28の方法。

【請求項33】 減耗剤を含む液状溶液の存在下に毛胞から体毛を引き抜くことからなる請求項28の方法。

【請求項34】 次のことからなる請求項28の方法。

(1) 皮膚を最初の超音波照射刺激にさらして、皮膚に回復不可能な損傷を与えることなく毛胞部分を取り除き、かつ開孔は前記減耗剤が入ることのできるほどの大きさに毛胞の開孔を一時的に拡大する。

(2) 少なくとも前記開孔の一部が開いている時間内に、皮膚を第二の推進超音波刺激にさらし、当該第二の超音波刺激は、皮膚に回復不可能な損傷を与える

ことなく前記開孔を通して前記減耗剤の少なくとも一部を皮膚に送り、これにより前記薬剤を毛胞に入れる。

【請求項35】 最初と第二の刺激が同時に加えられる請求項34の方法。

【請求項36】 最初と第二の刺激の間隔が15分以内である請求項34の方法。

【請求項37】 最初の刺激は、周波数が20KHzから3MHz、持続時間が0.01秒から20分、強度が $0.1\text{ W/cm}^2$ から $500\text{ W/cm}^2$ である請求項34記載の方法。

【請求項38】 最初の刺激は、周波数が100KHzから1.5MHz、持続時間が0.1秒から30秒、強度が $0.5\text{ W/cm}^2$ から $100\text{ W/cm}^2$ である請求項37記載の方法。

【請求項39】 最初の刺激は、周波数が500KHzから1MHz、持続時間が1秒以内、強度が $3\text{ W/cm}^2$ から $50\text{ W/cm}^2$ である請求項38記載の方法。

【請求項40】 第二の刺激は、周波数が20KHzから50MHz、持続時間が0.01秒から20分、強度が $0.1\text{ W/cm}^2$ から $10\text{ W/cm}^2$ である請求項34記載の方法。

【請求項41】 第二の刺激は、周波数が2MHzから15MHz、持続時間が0.1秒から5分、強度が $0.1\text{ W/cm}^2$ から $10\text{ W/cm}^2$ である請求項40記載の方法。

【請求項42】 第二の刺激は、周波数が3MHzから5MHz、持続時間が5秒から10秒、強度が $0.5\text{ W/cm}^2$ から $5\text{ W/cm}^2$ である請求項41記載の方法。

【請求項43】 超音波照射が、毛根、あるいは乳頭状突起に養分を運ぶ血管に血液細胞の凝固を生じさせるようなパラメーターを有する請求項1記載の方法。

【請求項44】 超音波照射は、周波数が100KHzから15MHz、強度が $0.1\text{ W/cm}^2$ から $50\text{ W/cm}^2$ 、持続時間が1秒から10分のパラメーターを有する請求項43記載の方法。

【請求項45】 超音波照射は、周波数が500KHzから10MHz、強度が $0.5\text{ W/cm}^2$  から $10\text{ W/cm}^2$ 、持続時間が10秒から5分のパラメーターを有する請求項44記載の方法。

【請求項46】 超音波照射は、周波数が1KHzから5MHz、強度が $1\text{ W/cm}^2$  から $3\text{ W/cm}^2$ 、持続時間が30秒から2分のパラメーターを有する請求項45記載の方法。

【請求項47】 超音波照射が、焦点を合わせた超音波ビームである請求項43から46記載の方法。

【請求項48】 請求項1から46記載の方法、あるいは請求項1から47記載の一または複数の組み合わせの方法のいずれかに用いる体毛除去の装置。

【請求項49】 請求項48の装置からなる体毛除去のシステム。

【請求項50】 実質的にここまでに説明した装置。

【請求項51】 実質的にここまでに説明したシステム。

**【発明の詳細な説明】**

## 発明の分野

本発明は、体毛除去のための超音波方法、過程、および装置に関する。

## 発明の背景

体毛除去は、主として美容目的のために行われ、身体の種々の皮膚部分より望まない体毛を除去するために行われる。

望まない体毛を一時的にあるいは永久的に除去するために、数多くの方法および装置が開発されて来た。現在利用されている主な体毛除去の方法は、剃毛などの切毛に基づく方法、機械装置によって、あるいはワックス等の粘着性の物質を用いて毛根から抜毛することに基づく方法、脱毛用の化学物質等により化学的に体毛を溶解する方法、および電流を用いて（電気分解）もしくはレーザー光線を用いる（熱分解）等により、毛根を永久的に破壊するとされる方法がある。

剃毛などの体毛切断は、皮膚外の体毛の軸部分にのみ影響する。体毛の生きた部分は、乳頭状突起中で成長を続け、それゆえに、体毛除去効果の持続は短い。

ワックス法は、ワックスに固着した体毛のほとんどを取り去り、体毛をその乳頭状突起から剥脱または分離させる。乳頭状突起自体は、少なくとも部分的には生存しており、生きた細胞が新たな発毛部位を形成し、それに続いて体毛の新たな成長が生ずる。ワックス法は、乳頭状突起および毛穴に痛みを生じ、感染の危険にさらすことがあり、また静脈瘤、ホクロ、またはいぼの上に用いることはできない。

化学薬品による脱毛は、高いアルカリ性の化学物質、通常カルシウム・チオグリコール塩を含むゲルまたはクリームを用いることによって行うが、体毛の蛋白質構造を溶解して乳頭状突起より分離させるものである。化学物質の濃度は、皮膚の炎症を避けながら体毛の溶解を可能にする程度に低く押さえられる。化学物質による脱毛の効果は、また、相対的に短期間であって、時に皮膚の炎症を伴うことがある。

電気分解法は、毛胞の発毛細胞を電気化学的に破壊する水酸イオンを形成することを目的として、毛根に直流電流を送ることによって行う。熱分解法は、高周波流を用いて毛胞の水分を熱し、発毛する体毛細胞を電氣的に凝固させる（リチ



ヤード・RNおよびメハルグ・GE「電気分解法、13年間および140,000時間の経験からの観察」、J. Am. Acad. Dermatol. 33巻、662-666頁(1995))。電気分解法および熱分解法は、ともに、処理後の再成長が15-50%であるにもかかわらず、永久的な体毛除去の方法であると考えられている。これらの方法は、毛胞に針を挿入することによって行われ、かなりの痛みを伴い、感染症を起こしやすい処理法である。この処理法の結果は、電気分解装置または熱分解装置を操作する者の技術に大きく左右され、未熟練者による処置は、着色、皮膚の傷、感染症、および弱い電気ショックを引き起こすことがある。

レーザーによる体毛除去は、焦点をあわせたレーザー光線を(米国特許番号5632741)、選択としてエネルギー吸収を高めるためあらかじめ塗った黒色の溶液を補助的に用いた上で、毛胞に送る(米国特許番号5752948)ことにより行う。体毛あるいは黒色溶液は、レーザーのエネルギーを吸収し、結果的にその温度が上昇して毛胞が破壊される(ラスク・Gら「選択的光熱分解法によるレーザーを補助とする体毛除去、予備的結果」、Dermatol. Surg. 23巻、737-739頁(1997))。この方法は、体毛の色に左右され、黒色の体毛と明色の皮膚の場合に良好な結果を生ずる。皮膚が黒色または体毛が明色である人は、レーザー・エネルギーによる体毛除去を受けるには理想的とは言えない。最適の者でさえ、12週間後には40-80%が再成長し、更に、赤み、皮膚の着色、および傷などの副作用がある。

体毛は電気の導体としては良いものではなく(体毛の抵抗は、 $R(\text{抵抗}) = 82.6 \times 10^9$  オーム(ヒト体毛抵抗試験、フィッシャー)と計算されている。)、また明色の体毛は光エネルギーの吸収体としても良くない。これに対して、体毛は、繊維の密集物であるので、体毛または皮膚の色にかかわらず、超音波を含む音波の導体として相対的に優れている。

#### 用語解説

この明細書の全般にわたって、次の用語が使用されている。

「焦点を合わせた超音波ビーム」：ビームが発振器から離れて焦点に達するまで、領域が次第に狭くなり、強度が次第に高くなっているビーム。焦点からさら

に離れると、ビームの幅は再び広がる。「音波の焦点」は、領域が最も狭くエネルギー密度が最も高くなるビームの場所として定まる。

「超音波縦波」：超音波が固体または液体を伝わる伝わり方の一つであって、波の伝わる方向に沿った圧縮と減圧により、圧縮または緊張応力を生ずる。これらの波における粒子の運動は、本質的に波の伝わる方向に平行である。

「超音波せん断波」：超音波が固体を伝わる別種の伝わり方であって、波の伝播に沿ったせん断応力を生ずる波である。その速度は、縦波のそれより小さい。せん断波は照射を受けた固体の全体に生ずるが、その効果はせん断波を起こす固体材料の異なる種類間の界面において特に顕著である。せん断波を伴う固体物質中の粒子運動は、本質的に波の伝わる方向に垂直である。

「空洞」：超音波照射により液体中での急激な気泡生成、これら気泡の振動およびそれらの最終的な崩壊の効果である。この現象は、超音波の力が気泡に生ぜしめる超高压から低压への急激な変換によって起きる。気泡は、液体等中における非均質の粒子（例えば、液体中にあらかじめ存在した気泡）である「空洞の核」の周りに生起する。

「共振」：超音波の場合、物質または物体に対して、その物質／物体の固有の周波数で作用する現象。この状態では、相対的に低い超音波の場合が高いエネルギーを得ることができる。この現象は、例えば、定常波が生ずる時、すなわち、反射波が入射波と同相で反対方向である時に増幅される。共振は、せん断波または縦波等の数種の超音波により生ずることがある。同一条件の下ではせん断波の速度が縦波の速度の約半分であるため、その波により生ぜしめられる共振の周波数もまた約半分となる。

「共振器」：一定の大きさ（幾何学的な要因）を有して、共振効果、すなわち、入射波が後続の入射波によって増幅される効果を生ぜしめることのできる装置。

「ねじれ波」：固体中を超音波が伝わる伝わり方の一であって、粒子が円運動をするもの。

「屈曲波」：固体中を超音波が伝わる伝わり方の一であって、湾曲した波として伝わるもの。

## 発明の要約

本発明は、新規の美容法、装置、およびシステムに関するものであって、これを用いることによって望まない体毛の除去を可能にする。これは、本発明によれば、超音波の力を利用することによって達成される。したがって、本発明は、超音波の力を用いて、所望の身体部位から体毛を除去する美容方法に関する。

本発明における「体毛」なる語は、毛軸を指すのみならず、毛根、毛胞、乳頭状突起、および体毛への血液供給をも指している。

本発明における「除去」なる語は、上記の構成部分のいずれかの破壊、当該構成部分における細胞増殖速度の停止、阻害、または減少であって、例えば力を加えない脱毛によって示される体毛成長の停止またはその速度の低下を生ぜしめるものを指す。

「焦点ビーム脱毛」と称される本発明の第一の形態で、本発明は、焦点を合わせた超音波ビームを用いて体毛除去を行う方法および装置を提供するものである。焦点を合わせた超音波アセンブリーは、例えば、同時に係属中の特許出願PCT/IL97/00406で出願されており、参考としてここにも示した。端的に言えば、この出願は、焦点を合わせた超音波ビームを生ずることができる超音波発振器要素を有する超音波システムに関してである。焦点を合わせた超音波ビームは、ビームが超音波発振器から遠ざかって、領域が次第に小さくなり、面積あたりの強度が次第に高くなるビームに関している。音波の焦点において、領域が最も狭くビームの強度が最も高くなる。このようなビームは、超音波発振器および、音波レンズまたは焦点変換器等の焦点調整手段によって生み出される。この出願のシステムは、また皮膚の所望の体毛除去部分に焦点を合わせたビームを誘導するために、一端が超音波発振器の要素と連結された液体媒体を保持する容器を有しており、当該容器すなわち「誘導装置」は、超音波ビームが容器の側壁に反射することなくその中を伝わるようなパラメーターを有している。

焦点を合わせたビームは、そのほとんどのエネルギーが、密集した体毛に吸収され、皮膚には吸収されないようなパラメーターを用いて発生させることが好ましい。超音波ビームは、乳頭状突起の上の皮膚層を、当該皮膚層を破壊することなく透過することができ、焦点あるいは焦点に近い部位でのみ、超音波のエネル

ギーが、生きた細胞を破壊するほどに十分に高くなる。したがって、乳頭状突起あるいは体毛への血液供給の上および周辺の皮膚は本質的に損なわれないうまま、超音波の力によって乳頭状突起または血液供給が破壊される。焦点の上の領域は、本質的には影響されない。

この実施の形態を行うための超音波パラメーターの例は、周波数が20KHzから25MHz、好ましくは1MHzから10MHz、最も好ましくは3MHzから7MHzであり、強度は、 $5\text{ W/cm}^2$  から $750\text{ W/cm}^2$ 、好ましくは $30\text{ W/cm}^2$  から $500\text{ W/cm}^2$ 、最も好ましくは $100\text{ W/cm}^2$  から $300\text{ W/cm}^2$  であり、持続時間は、1ミリ秒から10秒、好ましくは0.01秒から2秒、最も好ましくは0.1秒から0.5秒である。

「体毛波誘導脱毛」と称される本発明の第二の形態で、本発明は、超音波エネルギーを、波誘導体の役割を果たす毛軸それ自体を経由して伝える体毛除去の方法を提供するものである。この方法を選択することにより、超音波ビームは、縦波、せん断波、ねじれ波、あるいは屈曲波の形をとり、毛軸を経由して乳頭状突起に目標を絞って送られる。毛軸を通して、より深い、体毛の生きた部分へのこれらエネルギー波の伝達は、体毛、とりわけ毛根胞および／あるいは乳頭状突起の破壊のために十分な機械的変形、振動、屈曲およびねじれにより生じたトルク、あるいは熱の上昇を引き起こす。この方法は、未処理の皮膚に対しても、ならびに例えば体毛の乾燥および刈込によってあらかじめ処理された皮膚および体毛に対しても行うことができる。体毛は乾燥しているときに体毛誘導体として最もよく働くので、処理の間体毛はできるだけ乾燥していることが好ましい。体毛長さ方向のエネルギーの減衰を少なくするために体毛はできるだけ短いことが望ましく、また、例えば処理に先立って剃ることにより整えることが好ましい。乾燥した体毛は、また体毛から周囲の皮膚へのエネルギーの漏れを最小限にとどめる。

体毛を経由して発振された超音波の伝導性についてのいくつかの考えなければいけないことがある。すなわち、長さおよび幅等の幾何学的なパラメーター、体毛と超音波プローブとの間の角度、プローブと皮膚表面間の空気の隙間はすべてこの方法の収率に関して考慮にいれるべき重要なパラメーターである。例えば、

縦波およびせん断波に対しては、体毛は、長くなるほどエネルギーの減衰が大きくなるので、毛軸に沿った減衰を少なくするために切ることが好ましい。エネルギー発振器に対する体毛の配置は、それ自体、変換器表面と体毛表面の間の必要な角度を与えるものであるべきだが、変換器は、波が毛壁に反射してエネルギーを失うことなく体毛それ自体を伝わるように、体毛に対して垂直であることが好ましい。

音超音波エネルギーを体毛を通して伝える別の方法は、体毛を  $n \lambda / 2$  ホーン（毛根または乳頭状突起において最大の速度を達成するため）または  $n \lambda$  ホーン（所望の位置において最大の強度を達成するため）として用いることである。これは、体毛の長さが半波長の整数倍となり、それゆえにシグナルの振幅および期待する効果が、毛根において最大化されるように、体毛を切ることを意味する。例えば、波長が3 mmのときは、ホーンはこの倍数（3，6，9，など）となり、体毛は同様の大きさを有するように切り揃える。

エネルギーを体毛を通して伝える一つの方法は、超音波ビームの波長が体毛の寸法の大きさとほぼ同一の大きさとなるようにすることである。体毛の直径は約  $70 \mu\text{m}$  であり、ある条件の下で体毛中の音の速度は、 $c = 1700 \text{ m/秒}$  である。縦波について、最大効果を受けるための周波数は約  $21 \text{ MHz}$  となり、一方、約半分の速度を有するせん断波あるいはねじれ波は、約  $10.5 \text{ MHz}$  かそれ以下となる。計算は、 $f = c / \lambda$ （ $f$  = 周波数、 $c$  = 速度、 $\lambda$  = 波長）に基づいており、直径  $100 \mu\text{m}$  の体毛に対して縦波の周波数は  $15 \text{ MHz}$  であることが好ましい。

屈曲波については、周波数はせん断波の約半分、例えばおよそ  $5 \text{ MHz}$  に減らされることがある。屈曲波は、一つの変換器を用いて、好ましくは体毛に垂直にして作り出され、あるいは二つの変換器で一方が他方の上にあるか互いに対向するようにして作り出される。

この実施の形態を行うための超音波パラメーターは、例えば、縦波の周波数は  $1 \text{ MHz}$  から  $50 \text{ MHz}$ 、好ましくは  $10 \text{ MHz}$  から  $30 \text{ MHz}$ 、最も好ましくは  $15 \text{ MHz}$  から  $25 \text{ MHz}$  である。

周波数は、被処理物の特定の体毛直径に左右される。せん断波あるいはねじれ

波の周波数は、およそ上記の半分である。屈曲波の周波数は、例えば上記の約四分の一である。

強度は、 $0.5 \text{ W/cm}^2$  から  $500 \text{ W/cm}^2$ 、好ましくは  $3 \text{ W/cm}^2$  から  $50 \text{ W/cm}^2$ 、最も好ましくは  $10 \text{ W/cm}^2$  から  $20 \text{ W/cm}^2$  である。持続時間は、0.01秒から10分、好ましくは1秒から5分、最も好ましくは数秒である。

エネルギーの損失および移動は、超音波が毛胞および乳頭状突起と共振する時に最も効率がよい。 $100 \mu\text{m}$ の毛胞および乳頭状突起に対しては、共振を起こす周波数は、縦波は約17MHzであり、せん断波は約8MHzであり、屈曲波は約4MHzである。共振の状態においては、効率が高いために波の強度が減少することがある。本発明は、その第三の形態で、空洞現象を用いて体毛、毛根、毛胞、乳頭状突起、あるいは体毛への毛細血管の血液供給の少なくとも一つの構成要素を破壊する方法を与えるものである。それ故に「空洞脱毛」と称する発明の第三実施の形態で、本発明は、毛胞中に、好ましくはその内側に空洞の気泡を作り、毛胞、毛根、乳頭状突起あるいは血液供給の少なくとも一つの構成要素を破壊する方法および手順を提供するものである。

空洞の効果は、気泡の生成、およびその機械的な崩壊、温度上昇、圧力、および周囲部位を破壊する微小な流れによる気泡の崩壊によって達成される。

空洞の効果は、また空洞気泡の振動を用いることによって達成することができる。組織に望ましい損傷を与えることが一時的な気泡の破裂によってではなく、安定的な気泡の振動によっても達成できる。この安定な振動する気泡は、局所的な熱効果を生み出し、周囲の組織を破壊する。気泡から気泡の半径だけ離れたところでは、温度勾配は約90倍減少する（周波数が1MHz、気泡半径が $10 \mu\text{m}$ 対して）。毛軸と毛胞との間の空間が約10ミクロンであるために、当該気泡が細胞膜上に存在し、かつほとんどの気泡が細胞膜上またはその近くにある場合は、その隣接する組織の構成要素を破壊するに十分な熱が出す。気泡壁温度は、 $T_0$ ；周囲の温度、 $p_0$ ；音圧、 $\omega_0$ ；ある気泡半径に対する共振周波数、 $K'$ ；気体の温度伝導率、 $\delta_{vis}$ 、 $\delta_{th}$ 、 $\delta_{tot}$ ；粘度、温度、総エネルギーの各々に対するエネルギー消失率とすると、次式で示される

【数1】

$$T_b = T_0 + \frac{p_0^2}{2\rho_0\omega_0 K'} \frac{\delta_{vis} + \delta_{th}}{\delta_{tot}^2}$$

気泡壁上の温度を推定するには、次の式が用いられる。

【数2】

$$T_b = T_0 + 8.12 \times 10^{-12} \times p_0^2$$

音圧は、 $\text{dyn}/\text{cm}^2$  で示される。1 MHz の変換器の場合、音圧は約  $1.8 \times 10^6 \text{ dyn}/\text{cm}^2$  であり、これにより気泡壁に生ずる温度は  $26.6^\circ\text{C}$  である。通常のヒトの体温が  $37^\circ\text{C}$  であるとする、 $T_b = 63.6^\circ\text{C}$  である。これは、気泡が一定時間振動すれば、細胞構造を損傷するに十分である。

空洞は、超音波パラメーター（強度、周波数）、材料の性質（表面張力、粘度、密度、蒸気圧）および気泡の性質（体積、圧縮率）によって決まる。

本発明の空洞を用いる形態の超音波パラメーターは、例えば、次のようなものである。

周波数は、1 KHz から 5 MHz、好ましくは 10 KHz から 2 MHz、最も好ましくは 100 KHz から 1 MHz である。強度は、 $0.3 \text{ W}/\text{cm}^2$  から  $500 \text{ W}/\text{cm}^2$ 、好ましくは  $0.5 \text{ W}/\text{cm}^2$  から  $50 \text{ W}/\text{cm}^2$ 、最も好ましくは  $1 \text{ W}/\text{cm}^2$  から  $10 \text{ W}/\text{cm}^2$  である。持続時間は、0.01 秒から 10 分、好ましくは 1 秒から 5 分、最も好ましくは 7 秒以内である。

本発明は、その第4の形態で、体毛、毛根、乳頭状突起、あるいは体毛への毛細血管の血液供給のうち少なくとも一つの構成要素を、自然に存在するあるいは外部より投与された体毛減耗剤を活性化し、および／あるいは毛胞減耗剤の毛胞内部への浸透を容易にするために超音波を用いて破壊する方法を与えるものである。それ故、「減耗剤脱毛」と称する本発明第四の実施の形態で、本発明は、自然または人工の様々な化学減耗剤を活性化し、および／あるいは毛胞内に浸透させ、乳頭状突起、毛根または毛胞の細胞周期を変化させ、および体毛、毛根、乳頭状突起、あるいは体毛への毛細血管の血液供給のうち少なくとも一つの構成要

素を破壊させる方法および手順を与えるものである。

この実施の形態の一つを選択することによって、体毛を破壊するために用いる皮膚にある自然の化合物を利用することができる。すなわち、皮膚にすでに存在している化合物を減耗剤として用いることができる。

例えば、好ましくは高い周波数の超音波を用いて皮膚表面を照射することにより、深い層への最小の浸透で体毛のある所望の場所に熱をかけることにより、脱毛を行うことができる。照射の影響は、皮膚の構成要素によって異なる。たとえば、皮膚の大部分は、 $0.05 \text{ db/cm}$ の減衰率の水であるが、毛胞は部分的に皮脂で満たされており、皮脂腺にくっついている。皮脂は、実際上減衰率が $0.5 \text{ db/cm}$ 、すなわち皮膚の10倍の減衰率を有する脂肪である。これ故に、照射を受けた時、皮脂は熱を蓄積し、その周囲の組織を約10倍温度を上げ、局所的な溶解および体毛の生きた部分の破壊を引き起こす。この過程の後に、ピンセットを用いて最終的に力を入れずに脱毛することができる。

別の例によれば、毛胞減耗剤の毛胞内への浸透は、超音波によって容易になる。浸透は、係属中のPCT/IL97/00405に定める方法を一部変えて行える。この実施の形態によれば、組織表面は、毛軸と毛胞それ自体との間の空間を広げ、前記の空間ワックス（脂肪）および残滓を取り除くためのパラメーターを有し、回復不可能な損傷を起こすことのない最初の照射刺激を行う。そして前記空間の相当部分が未だ開いている一定の時間内に、少なくとも毛胞減耗剤の一つが存在している場所に第二の推進超音波刺激を与える。最初に毛胞を少なくとも部分的に開け、また、減耗物質を部分的に空いている毛胞の2～4 mmの深さに浸透させることが望ましいので、二つのパルス、すなわち開く・パルス、浸透・パルス、開く・パルス、浸透・パルスのように用いられる。開く・パルスは、一般に低い周波数であって、好ましくは100 KHzから1 MHzである。浸透・パルスは、これより高い周波数で、好ましくは1から10 MHzである。両パルスの持続時間は、好ましくは数秒で、強度は数 $\text{w/cm}^2$ である。

減耗剤を毛胞へ浸透させた後、皮膚を拭いて皮膚表面から化合物の残滓を除去し、超音波をかけて減耗剤を活性化する。

所望の脱毛効果を起こすために用いる減耗剤は、次のグループからのものである。



る。すなわち、ガリウムポルヒイリン (g a l l i u m p o r p h y r i n s)、ジメチルスルホキシド、ジメチルフォルマ (d i m e t h y l f o r m a)、およびアドラミシン (a d r a m y c i n)、 $\text{NaN}_3$ 、ニトロセルロース、およびその他本発明者の係属中のPCT/IL98/00203に記載の物質など、超音波照射または露光に対して発熱反応をすることのできる音感応剤である。さらに、任意に $\text{O}_2$ 、塩化物、過マンガン酸カリウム等のラジカルあるいはその他酸化作用のある部分を有するものを出して本効果に寄与することができるものを補助剤として用い、破壊の効果を容易にすることができる。酸化または発熱のメカニズム以外のメカニズムによって働く減耗剤化合物の例には、毛穴の詰まりおよび毛根の栄養不足を引き起こすことにより熱による毛根破壊を容易にする油、毛根、乳頭状突起、あるいは血管細胞の細胞周期に影響することのできる自然の物質で、表皮成長要因または腫瘍壊死要因などのサイトカニン (c y t o k i n e s)、アナゲン (a n a g e n) 相からカタゲン (c a t a g e n) 相 (後者は、体毛が毛根から分離する場合の相である) に成長周期を移すことのできるインターロイキン1、アンドロゲン・ホルモン (a n d r o g e n h o r m o n e s)、特にジヒドロテストステロン (d i h y d r o t e s t o s t e r o n e)、あるいはテストステロンをその活性体であるジヒドロテストステロンに転換する5-αアルファ-レデュークターゼ (5-α-α l p h a-α r e d u c t a s e) がある。後者は、毛胞の受容体の場所と競合し、成功すれば、身体の様々な部位で毛胞を縮ませ、毛根を死に至らせる。

本発明は、その第五の形態で、共振機中で超音波エネルギーによって生み出された共振の伸縮効果を用いて、体毛、毛根、毛胞、乳頭状突起、または、体毛への毛細血管の血液供給の少なくとも一つの構成要素を分離および破壊する方法を与えるものである。それ故、「共振脱毛」と称する発明の第五形態で、本発明は、共振機の自然の共振に適合する超音波共振エネルギーを送って体毛を伸縮させ、毛胞に疲労効果を生じ、体毛、毛胞、毛根、乳頭状突起または毛細血管血液供給のうち少なくとも一構成要素を分離し、破壊する方法および装置を与えるものである。この実施の形態のパラメーターは、本発明の詳細な説明の項で例示する。

本発明は、その第六の形態で、血液細胞の凝固を用いて体毛への血液供給を破壊する方法を提供するものである。それ故、「凝固脱毛」と称する発明の第六形態で、本発明は、乳頭状突起の血管において、体毛への乳頭状突起からの血液供給を妨げ、血液凝固を引き起こし、これにより毛根および乳頭状突起への栄養分補給を停止または実質的な減少させて、毛根、または乳頭状突起の破壊により、体毛の分離をなす方法および装置を提供する。

凝固は、波が粒子を含む水性媒体中に送られる際に生ずる。これは、（とりわけ）音波の流れによって引き起こされる粒子間のベルヌーイ牽引力により、および音波の場における液体運動によって引き起こされる粒子の振動運動が乱されることによって生ずる。凝固を生ずる最小の強度は、粒子の大きさ、液体の密度、および粒子の密度に依存し、次の非限定方程式によっている。すなわち、 $I = 3 \cdot 7 [\rho_0 / (\rho - \rho_0)]^2 / a^3$  で、ここで  $I$  は強度、 $\rho$  は粒子の密度、 $\rho_0$  は溶液の密度であり、 $a$  は粒子の直径である。血液は、相対的に大きな粒子を有する密な溶液であって、相対的に狭い毛細血管を流れるので、凝固を生ずる強度は、mWのオーダーで相対的に低い。

この形態を実施するための超音波パラメーターは、縦波の周波数は、10 kHz から 15 MHz、好ましくは 500 kHz から 10 MHz、最も好ましくは 1 MHz から 5 MHz である。強度は、 $0.1 \text{ W/cm}^2$  から  $50 \text{ W/cm}^2$ 、好ましくは  $0.5 \text{ W/cm}^2$  から  $10 \text{ W/cm}^2$ 、最も好ましくは  $1 \text{ W/cm}^2$  から  $3 \text{ W/cm}^2$  である。持続時間は、1 秒から 10 分、好ましくは 10 秒から 5 分、最も好ましくは 30 秒から 2 分である。体毛を体毛誘導体として用いること、および／あるいは皮膚に直接照射して凝固を行うことができることは特筆される。

体毛除去の異なる実施の形態を、別個に、あるいは組み合わせて行うことができる。たとえば、焦点ビーム脱毛は、脚のような敏感でない皮膚の部分の体毛除去に適している。体毛誘導脱毛は、顔のような敏感な部分の処理に適している。空洞脱毛は、機械的な体毛除去を行った後に行う。

本発明は、さらに上記の方法を利用するための装置およびシステムに係わる。このシステムは、増幅器、適当な変換器及び付属装置を付した波シグナル発生機

からなっている。焦点ビーム脱毛に対しては、音響レンズなどの焦点調整装置が、円錐波誘導機と一緒に供給される。体毛誘導脱毛に対しては、体毛を掴む装置が供給される。共振脱毛に対しては、共振機が供給される。空洞脱毛および減耗剤を用いた脱毛に対しては、皮膚に空洞補助剤または減耗剤を供与することを含むシステムである。

### 発明の詳細な説明

#### 1. 実験手順

##### 超音波器具

用いた超音波装置は：

ソニケーター720（メトラー・エレクトロニクス社、カリフォルニア、USA）で、周波数が1MHzおよび3MHz、出力が $2.2\text{ W/cm}^2$ まで、連続モードのパルス・モードである。

フォーカスト・ビーム・ウルトラサウンド（イマソニック社、ブザンソン、フランス）で、周波数が3.9MHzから7.4MHz、出力が $2.2\text{ W/cm}^2$ までである。

照射は、水溶液、または音波カップリングゲル、または意図する組織に付着させた固体ホーンを通して行った。

#### 2. 例

##### 例1 焦点超音波ビームを用いた脱毛

図1（上は全部位、下は照射部位の拡大図）は、焦点ビーム脱毛に用いられるシステム1を示す。焦点を合わせた超音波ビームが変換器2から皮膚12に発射した。超音波変換器2は、鞘3および容器4をもつ焦点調整器コーンによって納められている。容器は鞘系（図示されない）の上に合わせられており、こうして容器を回すことにより変換器面14とカバー開孔13の間の距離が必要な長さまで連続的に変えられる。前焦点部分での焦点を合わせた超音波ビーム5は、開孔13が皮膚表皮7上に置く容器4を通して伝わる。典型的には、この装置は、ビーム5を、装置と表皮の界面あるいは皮膚中の開孔13またはその近くにある焦点部分9に集中するようにセットされる。

ついで、ビームは焦点の後部分11で広がり、超音波エネルギーはさらに真皮

6を通っていくにつれて消失する。「破壊部分」または「効果部分」10は、エネルギーが照射領域の温度上昇、変性および破壊を引き起こすに十分に集中する焦点領域9に近いビーム経路の一部である。領域10の長さは超音波の周波数に依って決まる。MHz域の周波数は、数ミリメートルの破壊部分の形成を生ずるが、これは毛胞の大きさと同じである。それ故、これによれば、超音波焦点ビームは、外側から、すなわち波誘導体としての体毛を用いることなく、毛胞および乳頭状突起を直接に熱し、破壊するのに用いられる。

上記の装置を用いて、十匹のウサギを体毛除去の処理をした。耳の小さな部分である。各ウサギは上記の方法に従って焦点を合わせた超音波の照射した。各部分の照射は1～2秒であった。耳はそれぞれ照射の後7ヶ月間撮影され、その結果を図8に示した。

見てわかるように、すべての体毛が事実上再成長はなく、照射部分より永久的に除去された。副作用は極く僅かであった。

#### 例2 波誘導体として体毛を用いる脱毛

ヒトからとった自然の髪をゴム製のスリーブに編んだ。スリーブは熱で縮んで、両側から突き出た体毛の周りを絞まった。各スリーブはおよそ1万本の体毛を含んでいた。編毛の長さは5mmから3cmであり、編毛の直径は2mmから9mmであった。「伝送を通した」接触の超音波測定は、米国パナメトリックス社製の超音波瑕疵探知器—エポック3を用いて行った。ゲル（水中音波透過性のある）を編毛の両側の体毛に塗り、1/2直径の「タイプP」（米国ハリソニック社）の超音波プローブが、スリーブから突き出た編毛の二つの先端に置いた。一方の側から入る超音波を編毛の他方の側で測定し、二つの波の差異は体毛による超音波伝送の指標となった。フルスケールのシグナル（50dBの増幅による）は、行った周波数である1MHz、2.5MHzおよび5MHzの発振シグナルで検知された。それ故、体毛が超音波伝送の波誘導体として働くことができるのは明らかである。この実験は、体毛自体が超音波照射の誘導体として働くことができることを、明らかに証明したものである。

体毛中で伝送された超音波縦波の減衰は、1MHzに対して1dB/mm、5MHzに対して1.35dB/mm（35%の増加）であるのに、波の速度は、

1 MHz に対する  $1550 \text{ m/sec}$  から 5 MHz に対して  $2210 \text{ m/sec}$  に増加する (64% の増加) ことが発見された。文献では、皮膚の波の速度は異なり、およそ  $1700 \text{ m/sec}$  であることが知られている [ダック F. A. 1990、超音波周波における組織の音響的性質、組織の物理的性質 (ダック F. A. 編) ロンドン、アカデミックプレス、73—135 頁]。それ故、ここでは、より高い周波数で、すなわち 5 MHz を用いて、また、体毛中の波の速度をさらに高める乾燥した体毛を用いて行うのが望ましい。あらかじめ体毛を切り揃える前処理を行い、体毛を波誘導体として用いる際に体毛の長さ方向に減衰およびエネルギー損失を減少させると、より高い周波数が得られる。高周波変換器を用いる別の理由は、波長が減少して (周波数が増大する) 体毛直径と同一のオーダーとなると、減衰が急に減少することである。また、伝送された波が体毛から皮膚に移らなければならない時、すなわちある速度域から他の波の速度域に移らなければならない時、部分的に反射し、毛根の境目 (毛軸と皮膚組織の間の境目) で温度が上昇する。温度の上昇は、ここでは最も効果的なパラメーターである。

### 例3 体毛に沿ったエネルギー損失

別の実験において、必要な照射強度および体毛伝導性を決定するため、体毛に沿ったエネルギー損失を測定した。二つの変換器からなる直接伝導構造を用い、最初のものはメトラー・エレクトロニクス 720 のソニケーターを用いて発生された伝送器として、第二のものはテクストロニクス TDS 210 のオシロスコープに連結された受容器としてである。変換器の表面は、上記の音波ゲルで覆った。まず、変換器の表面がお互いに接触するようにもって来て、山と山の電圧が測定され、その結果の電圧は 5 V であり、これはベース・ライン電圧と考えた (損失は無視できる)。その後、変換器に長さ 9 mm、直径 0.5 mm の銅線を連結し、銅線を二つの変換器の間に、それらと垂直に置いた。銅線は、それぞれの端を少量のカップリング媒体中に置いた。測定された電圧は、20 mV であって、これは、音波エネルギーの 0.4% が一方の変換器から他方に移ったことを意味する。実験は、同一の手順で、変換器の間に毛軸を置いて再び行った。体毛は、長さ 15 mm、直径 0.12 mm であった。測定された電圧は 7 mV であって、

これは発せられた超音波エネルギーの0.14%が、毛軸を通過して所定の位置に到達したことを示す。これらの結果は、体毛が、変換器に垂直に存在するとき、良好な波誘導体であることを示している。

図2は、変換器または音波ホーン20から毛根26および乳頭状突起21への波誘導体として用いられた体毛を示す。固体の変換器または音波ホーンは、脱毛処理のために毛軸28を掴むために用いられる。変換器または音波ホーンは、毛軸の幅を収めることのできる一または複数の孔のある一つのブロック、あるいはピンセットと同様の仕方により体毛を掴む二つの単位からなっている。掴む領域は、また、変換器に付着したホーンの孔とすることができる。あるいは別に、体毛は、ゲル（図示されない）のような音波カップリング媒体を経由して、変換器に直接付けることもできる。毛軸28は、角質層23、表皮27を越え、毛胞29内部の部分的に皮脂が満たされている隙間22を経て皮膚に入り、その端は、毛胞のふくらんだ領域24を覆う毛根26部の真皮層25内の表皮鞘中である。毛根は、乳頭状突起を経由する栄養補給の毛細血管21から養分を得る。変換器20から発振された超音波は、毛軸を通して伝わり、内部の毛胞へと消失するが、そこでは毛根26は、ふくらんだ毛胞24および乳頭状突起21と密に接触する。当該地点での超音波エネルギーの拡散は、毛根および乳頭状突起を破壊し、脱毛を引き起こす。波それ自体は、縦波または屈曲波の形をとることができ、熱上昇および熱破壊を引き起こす。

実験例では、単独の毛軸が伝達コーンに付着した焦点調整変換器の焦点に置いた。コーンの開孔は、パラフィンで覆い、その頂点には少量のゲルを置いた。ヒトの腕から採った毛軸の先端をゲルの中に置き、超音波を、変換器から、コーンの水性媒質、パラフィン、および音波ゲル、ならびに毛軸を経由して、毛胞および毛根へと発振した。超音波ビームのパラメーターは、周波数3MHz、強度 $3\text{ W/mm}^2$ 、および持続時間120秒であった。ピンセットをダイナモメーターに接続し、脱毛に必要な力を測定した。未処理の体毛は、すべて、40から60グラムの力で脱毛された。処理した体毛は、70%が即座に、すなわち約2.5グラム以内の力で脱毛された。これらの結果は、焦点ビームの波誘導体として体毛を用いることからなるこのような照射パラメーターは、少なくとも70%の体

毛の脱毛を生じたことを示した。

#### 例4 体毛を波誘導体として用いる脱毛

図3 aから図3 bは、屈曲波を利用する脱毛のために用いられるシステムの別の例の略図を示している。図3 aは、体毛除去のために用いられるそれぞれの中心aおよびbが中心間の距離Xだけ離れている二つの変換器30および31によって生じた屈曲波脱毛効果の略図を示す。図に示した場合では、距離Xは、半波長の偶数倍にすると、半波長が同期化して最大効果を生じるようになる。すなわち、二つの波が同じ相、同じ方向であると、効果は合算される。別の場合では、変換器30および31を体毛のそれぞれの側に互いに対向するように置き、Xを半波長の奇数倍にすると、最大の効果をあげるようになる。毛軸33は、ピンセットなどの保持器具34によって引き抜かれ、変換器との界面は音波カップリング媒体を経由する。保持器具34は、選択により、変換器または波を発振できる付属品の一部とすることができる。波は、毛根35および乳頭状突起36の界面に至るまで毛軸を伝わり、この領域の破壊を行う。主としてトルクによって。

3 aに代わる方法は、3 bに示されるが、これは、図3 aにある二つの変換器のエネルギーを合わせたものと等しいエネルギーを有する一つの変換器を用いるものである。

毛軸は、保持器具34'を用いて引き抜かれ、屈曲波は、毛軸33'を経由して毛根35'に伝送され、そこでまた乳頭状突起36'にも影響を与える。屈曲波の効果は、図3 cに略図で示してある。

一つの変換器30"が毛軸に接触しており、毛軸はピンセットなどの装置34"によって張った状態に保ち、また毛軸に沿って波を送る。この後に毛根35"および乳頭状突起36"に作用する力は、張力（上向きの矢印）及び振動（側面方向の矢印）である。これらの二つの力は、毛胞の疲労を引き起こす、すなわち、機械的に毛胞の結合を壊し、完全な分解点まで毛根を弱めて、力を全くまたはほとんど加えずに毛胞それ自体36"からピンセットによって毛軸を引き抜くことが可能になる。体毛は、ここでは、所望の地点に効果を生じさせるための機械的な波誘導体として用いられる。

#### 例5 血液凝固による脱毛

図4（上、処理前。下、処理後）は、超音波照射により生じた血液細胞の凝固であり、これは血管を詰まらせる。毛軸を経由して伝送されたシグナルは、毛根46に達し、乳頭状突起41に入る毛細血管45を流れる血液細胞47にも影響する。照射の後、赤血球は、乳頭状突起の毛細血管の狭くて湾曲した領域で凝固し、凝固43を形成し、乳頭状突起の血液供給を妨げる。この手順により、毛根は、栄養分を奪われて死に至らしめる。毛軸を波誘導体として用いる利点は、毛根に供給する毛細血管のみが破壊され、他の毛細血管は無傷で残ることである。図6に示される例に従って、赤血球47の凝固に対する超音波の効果が説明する。超音波は、毛軸に誘導され、毛根46に流れ込む。エネルギーは部分的に乳頭状突起41に分散して、毛細血管45、赤血球47の流れに影響を与える。超音波の照射の後、下の図にあるように、赤血球43が、小さい直径の湾曲した毛細血管内に凝固する。超音波を約1分以上かけると、赤血球は凝固し、毛細血管を詰まらせ、血流を停止させ、栄養不足のために毛根46および乳頭状突起41を死滅させる。

実験では、鶏の胚のコリオ・アラントイック膜（chorio-allantoic-membrane）の照射を、様々の持続時間および強度で、3MHzの変換器を用いて行った。照射を、60から80秒を超える持続時間、および $1.5\text{ W/cm}^2$ より高い強度で行うと、細い毛細血管の血液循環の静止の結果を招いたが、直径の大きな毛細血管は影響を受けなかったことを双眼顕微鏡による検査により確かめた。血流停止は恒久的なものであったが、おそらく細い毛細血管の閉塞によるものであろう。

#### 例6 空洞効果による脱毛

図5は、毛軸58と毛胞壁50の間の毛胞空間または隙間52であって、空洞空間として用いられるものを示す。音波ビーム58は、変換器52によって発生させ、組織に流れていく。組織それ自体に空洞現象を引き起こすのに必要な超音波エネルギーの閾値は高いが、水、その他低粘度の音波カップリング媒体を、それだけであるいはガスを含ませた水のような補助剤、またはシリカ粒子もしくは $\text{CCl}_4$ など毛胞中に空洞気泡57の発現を高める空洞誘導剤とともに用いることによって低くすることができる。空洞現象、特に一時的の爆発的な空洞現象は



、隣接する組織、すなわち毛胞壁50、毛根56および乳頭状突起51を破壊する。

空洞効果は、空洞が起きている間に毛胞が空である時、例えば処理に先立ち体毛にワックス法を施した時に高まる。図6は、空の毛胞における空洞を示し、すなわち毛胞は、変換器62の照射による空洞67の開始前に、完全に体毛を除去されている。この場合においては、空洞は毛胞全体で生じており、より広い空間があるので（体毛がないため）、より多くの気泡が生じ、気泡は大きく、それが崩壊すると、それにさらされた乳頭状突起61、その血液供給65および毛胞壁63に直接に影響することになる。

#### 例7 共振力による脱毛

図7Aに示されるさらに別の例に従って、共振脱毛の実施を説明する。共振箱74が変換器72に連結される。共振機は、例えば水などの液体77が満たされた空洞の円筒であって、良好な音波伝送の特質を有している。好ましくは、液体77の音波インピーダンスZは、変換器72および毛軸78のそのの間である。変換器72と毛軸78の先端との間の共振機の大きさは、変換器の反対側にある共振機の壁を振動させるために、最大限に波が振幅されるように選ばれる。この壁は、薄い弾性膜75であって、そのパラメーターは以下に示した通りである。この膜に対して、毛軸78は、ホルダー76に機械的に、あるいは糊を用いて接続されている。体毛は、膜75の振動運動によって生じた伸びる波を良好に伝送するためにわずかに引き伸ばされるが、膜の振動によって伸縮する。波は毛軸78を伝わり、周期的に応力を生じる押したり引いたり運動によって毛根部分79に影響する。多くの周期の間に負荷が加わるので、毛根は疲労して毛胞部分の分離の状態に至り、その後体毛は自然に抜ける。

体毛の損傷は、一義的に波の周波数、すなわち毛胞に達する伸縮周期の量および運動の振幅に依存する。高い振幅を有する波は体毛の弛緩を強くし、これにより平均的に体毛の負荷は減少される。

計算により、膜の動きを、超音波の周波数に適合する固有の共振周波数に近いかあるいは同じ周波数にするに必要な強度が与えられる。

例えば、直径50mm、厚さ0.5mmのアルミニウムの円形膜を用いて、振

幅1mmの膜振動を生ずるためには、1.1756気圧の音圧または1.43W/cm<sup>2</sup>の強度が必要である。

膜75、ホルダー76と皮膚表面の間の空間は、実際上空気からなっている。これに代わって、または加えて、当該空間は、非伝導性または非超音波伝導性の構成要素からなる適当なスペーサー（図示されない）を用いて維持することができる。

計算に用いる式は、次のように示される。

【数3】

$$P_a = 64DA/R^4$$

$$D = Eh^3/12(1-\nu^2)$$

$P_a$ ：音圧、 $R$ ：膜の半径、 $E$ ：ヤングモジュラス、

$h$ ：膜の厚さ、 $\nu$ ：ポアソン比、 $A$ ：振動の振幅

$E = 68 \text{ GPa}$ 、 $\nu = 0.334$ 、 $R = 25 \text{ mm}$ 、

$h = 0.5 \text{ mm}$ 、 $A = 1 \text{ mm}$

膜半径の増大は音圧の大きな減少を招き、膜厚の増大は音圧の大きな増加を招き、ヤングモジュラスの低い材料の使用はそれに比例して音圧の減少を招く。

この実施の形態を行うための超音波パラメーターは、共振エネルギーを生み出す振動膜の素材に依っている。このデータは、アルミニウムについてのもので、次の通りである。

周波数：1kHzから5MHz、好ましくは1MHzから5MHz、最も好ましくは2MHzから5MHzである。

強度：0.3W/cm<sup>2</sup>から50W/cm<sup>2</sup>、好ましくは0.5W/cm<sup>2</sup>から10W/cm<sup>2</sup>、最も好ましくは1W/cm<sup>2</sup>から5W/cm<sup>2</sup>である。

持続時間：0.01秒から10分、好ましくは1秒から5秒、最も好ましくは数秒である。

#### 例8 体毛除去のためのシステム

図7Bは、超音波による体毛除去のためのシステムの略図を示す。このシステムは、図式的には、二つの主な部分からなる。すなわち最初の部分は、電圧源104、周波数コンバーター106、シグナル増幅機108から構成されるシグナ

ル発生機102である。

第二の部分は、単一のユニットから構成されるか、または別個の独立したユニットとして働く部分で、超音波処理ユニット110である。

超音波処理ユニット110は、また次の構成要素を含んでいてもよい。すなわち、変換器112は、処理部分110に位置して、超音波振動を発生させる。変換器ホーン114は、振動を増幅し、取り外し可能な先端116に伝送するが、これが振動をさらに増幅する。例えば図7Aに示される共振機である。先端116はまた、体毛を掴む要素118のホルダーとして働くが、これは体毛を掴むことを意図する部品であって、当該技術において公知の外形を有することができる。しかしながら、当該掴む要素は、またその体毛を掴む性質を損なわない限り、他の構成要素と連結することができる。これらいくつかの部品112、114、116および118はまた一つの完全なユニットとして組み合わせることができる。

センサー120は、超音波コンバーターをモニターし、フィードバックライン124を通じて、電圧源104、周波数コンバーター106およびシグナル増幅ユニット108から、最適の運転状態を維持する。このようなフィードバックは特に安全上の理由で必要とされるが、通常の操作過程でも使用される。

加えて、超音波ホーン端でもある体毛を掴む装置118は、スパーサー装置（図示されない）によって、皮膚から一定の、あるいはあらかじめ定められた距離を保つことが望ましい。このスパーサー装置は、保護機器として働き、照射要素と皮膚の接触を避けるとともに変換器から体毛へのエネルギーの移動をよくする。

#### 【図面の簡単な説明】

本発明を理解し、本発明を実際に如何に実行するかを理解するために、ここに好ましい実施の形態を付随の図面に関連して説明するが、これは例に挙げたものに限定されるものではない。

図1は、焦点を合わせた超音波ビームを用いる脱毛装置の略図を示す。

図2は、脱毛のために毛軸の端を掴むに用いられ、波誘導体として毛軸を用いる変換器カバーの略図を示す。

図3は、脱毛のために用いられ、屈曲波を用いる変換器の略図を示し、ここで、図3 aは、体毛除去のために二つの変換器を用いるものの略図を示し、また、図3 bは、一つの変換器を用いるものの略図を示し、図3 cは、体毛に超音波照射して、変形、および最終的に分断されて達成される効果を略図的に示し、

図4は、超音波照射によって、毛軸周囲の毛胞に引き起こされた空洞効果の略図を示す。

図5は、あらかじめ体毛が除去された（例えば、引き抜きにより）後、気泡が空の毛胞に生じ、空洞で空の乳頭状突起が破壊される略図を示す。

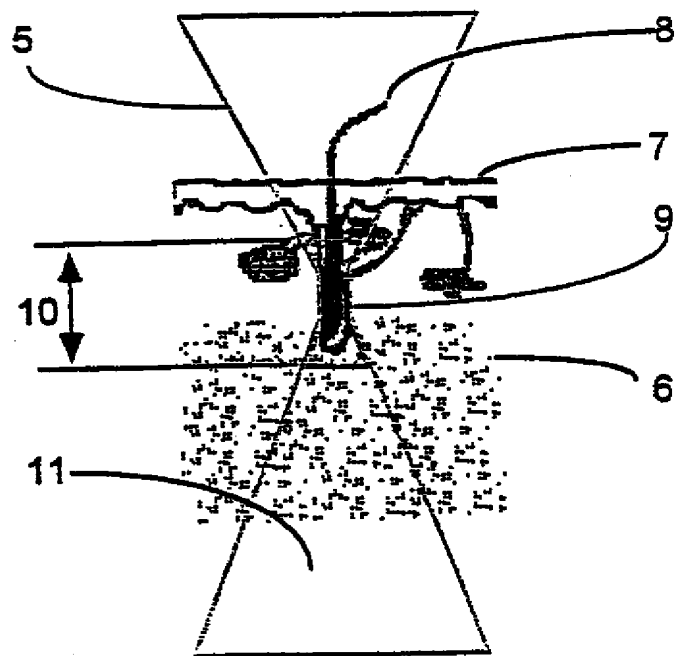
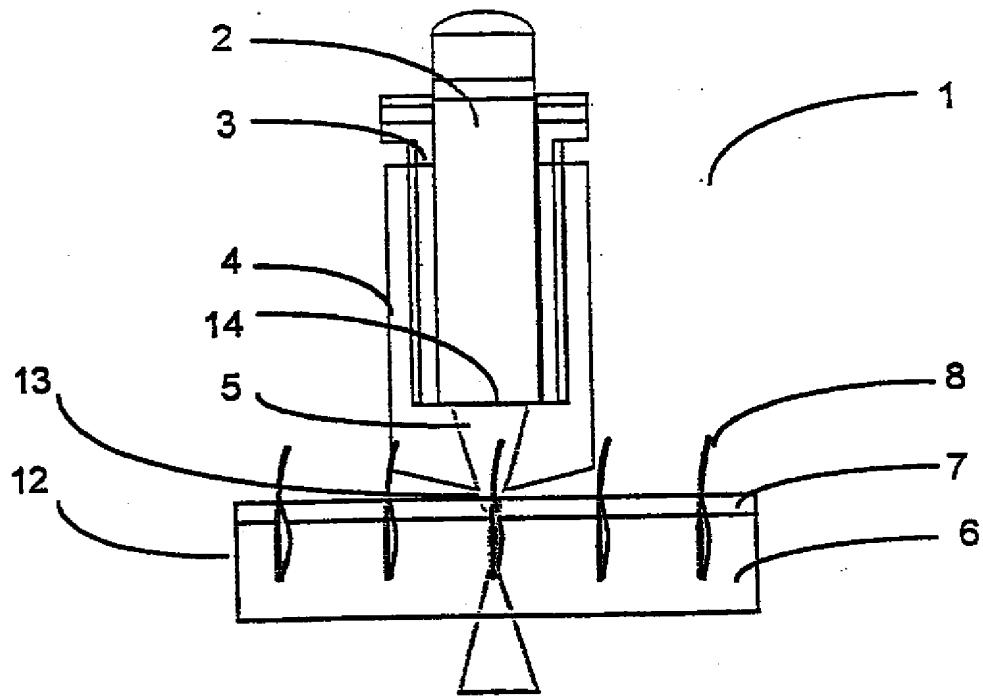
図6は、毛根の周囲の毛細血管における血液細胞の凝固であって、毛根への血液および養分の補給の停止を生ずるものの略図を示す。

図7 aは、共振脱毛のために用いられるエネルギー源を与えることのできる超音波装置の略図を示す。

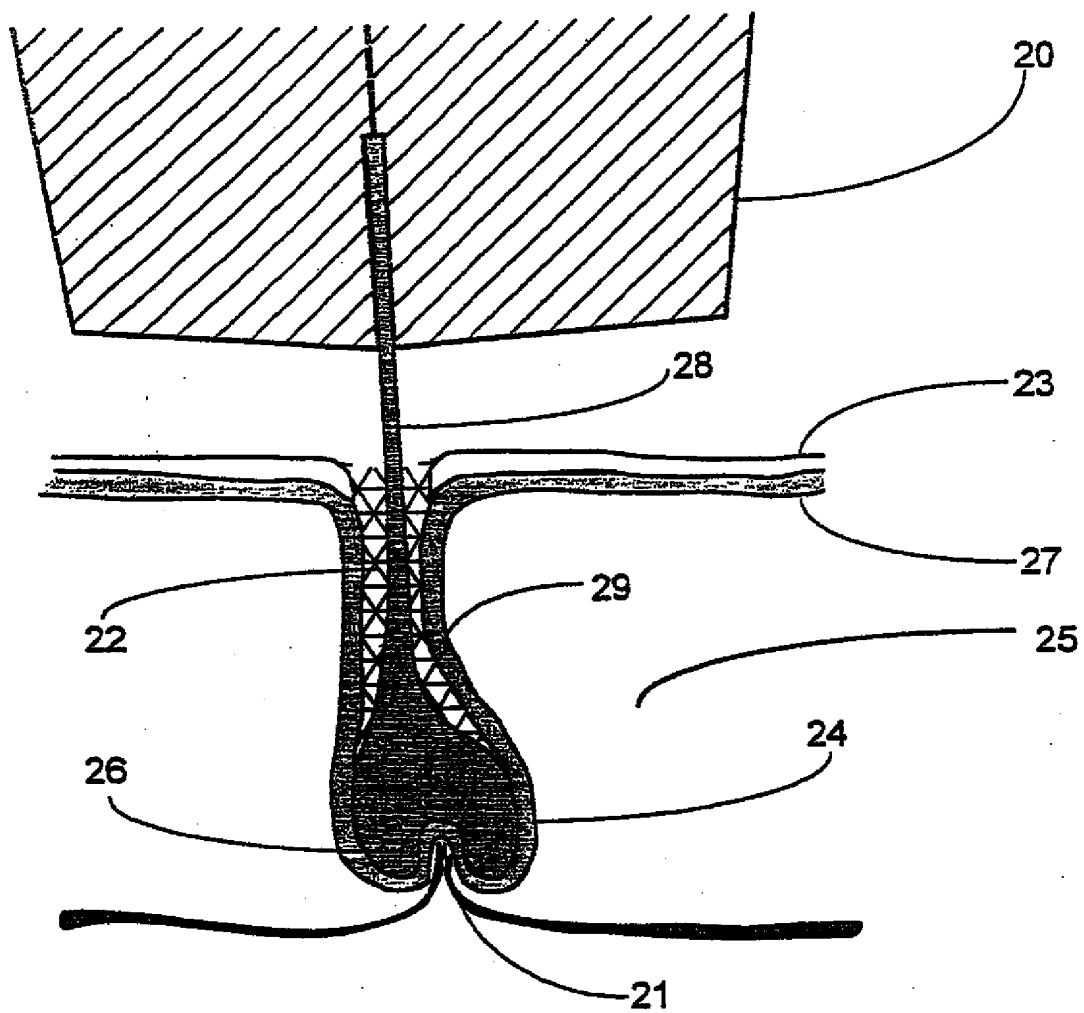
図7 bは、体毛除去のための超音波システムの略図を示す。

図8は、焦点ビーム脱毛を用いてウサギの耳の毛のある側に発生させた永久脱毛効果を示す。

【図1】

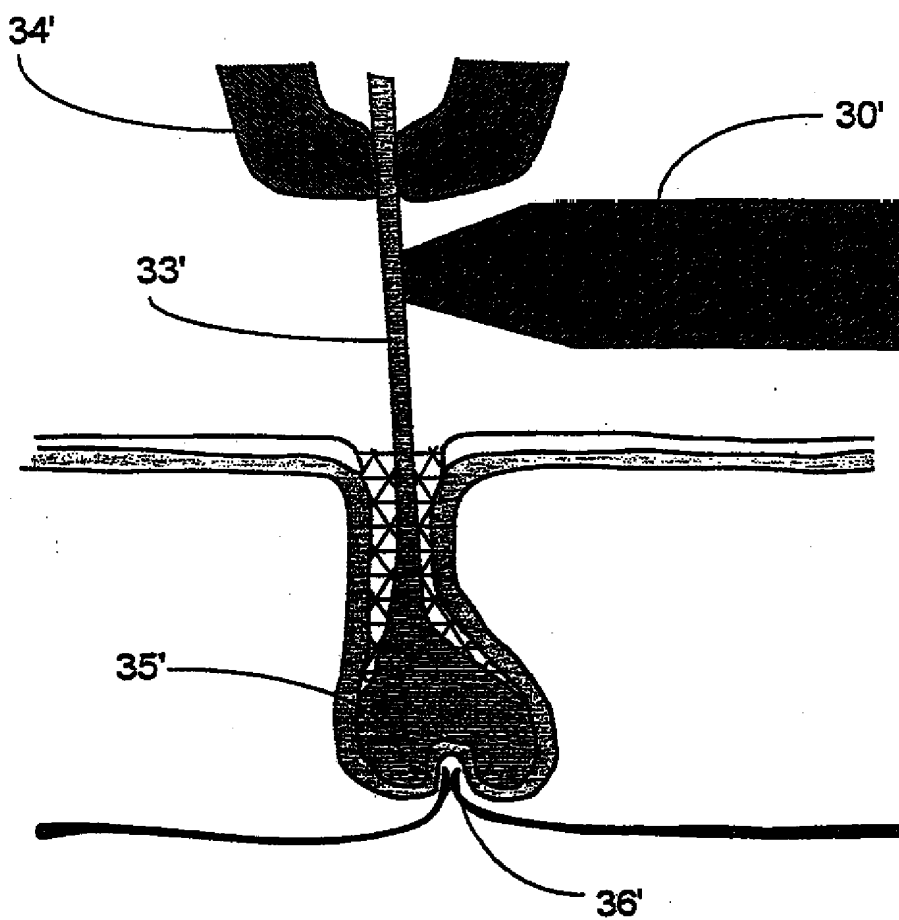


【図2】



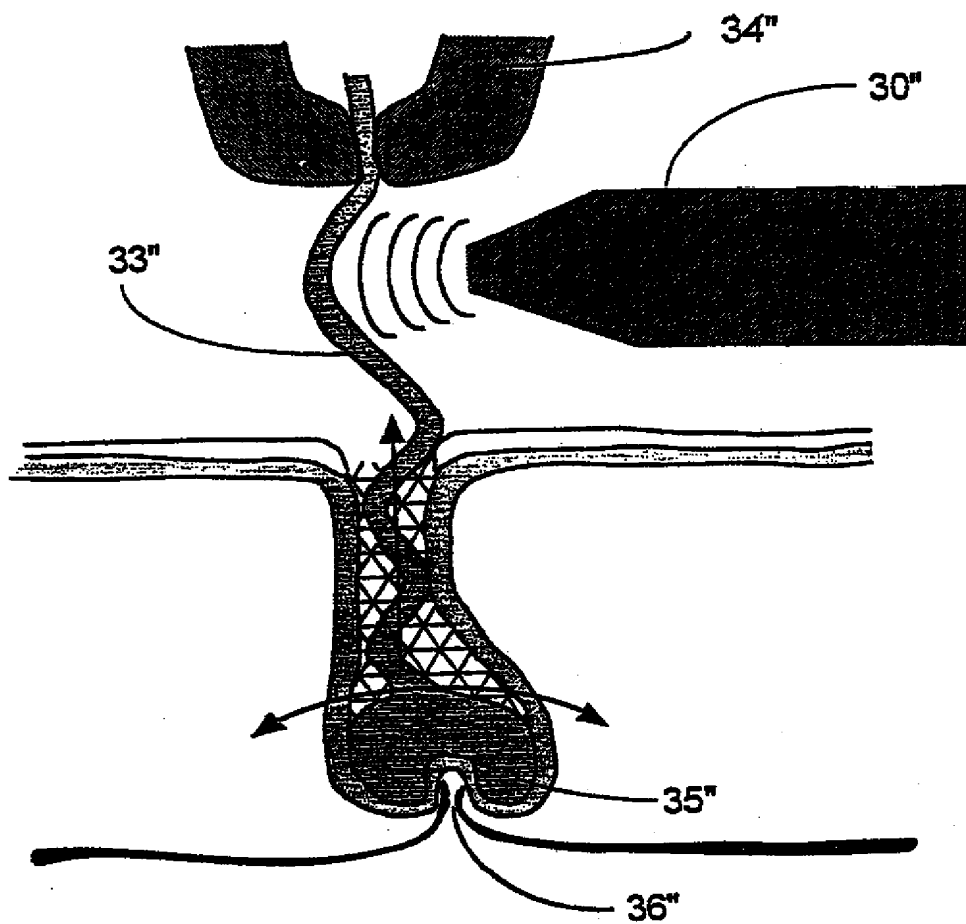


【図3 b】

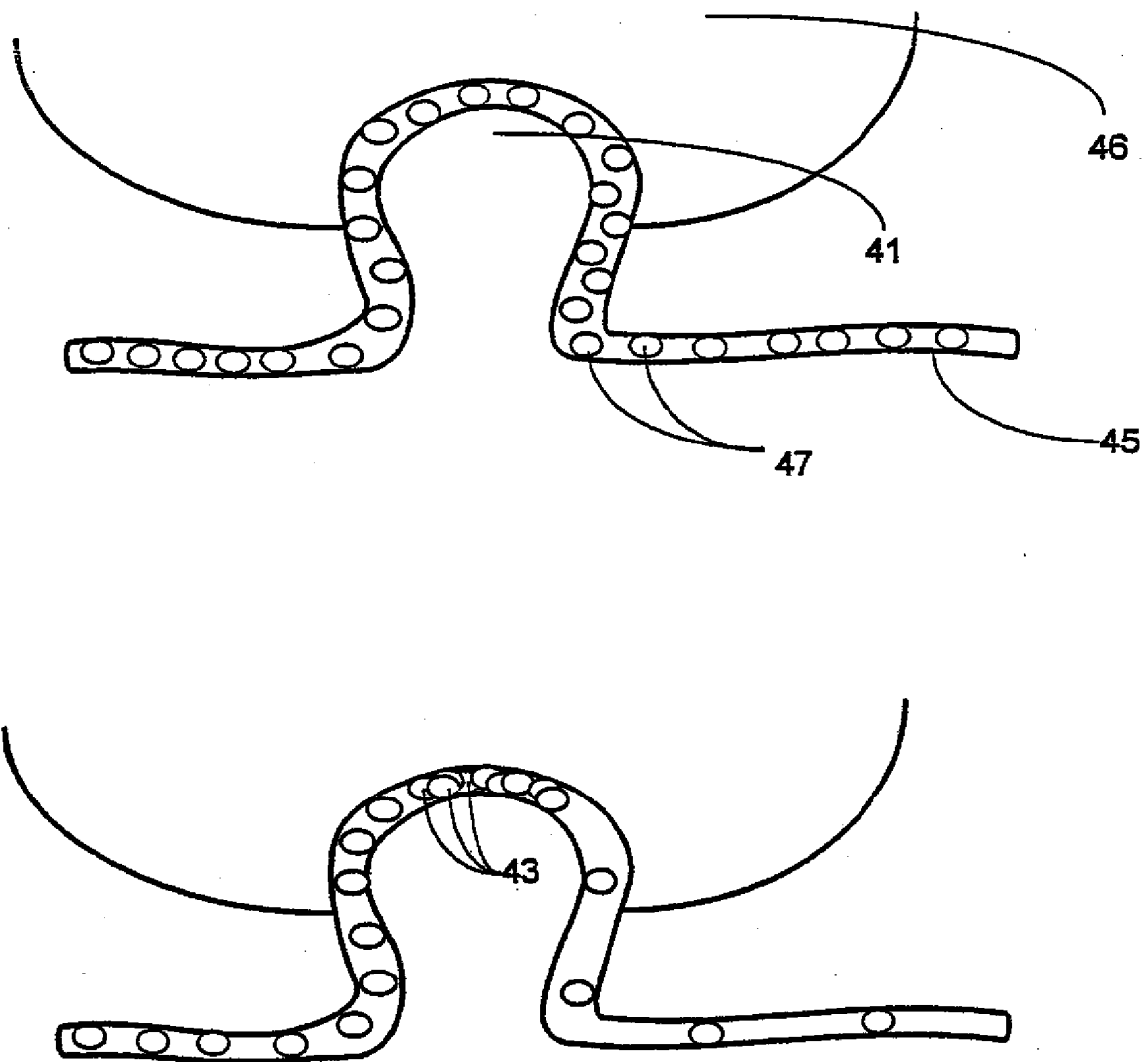




【図3c】



【図4】



【図5】

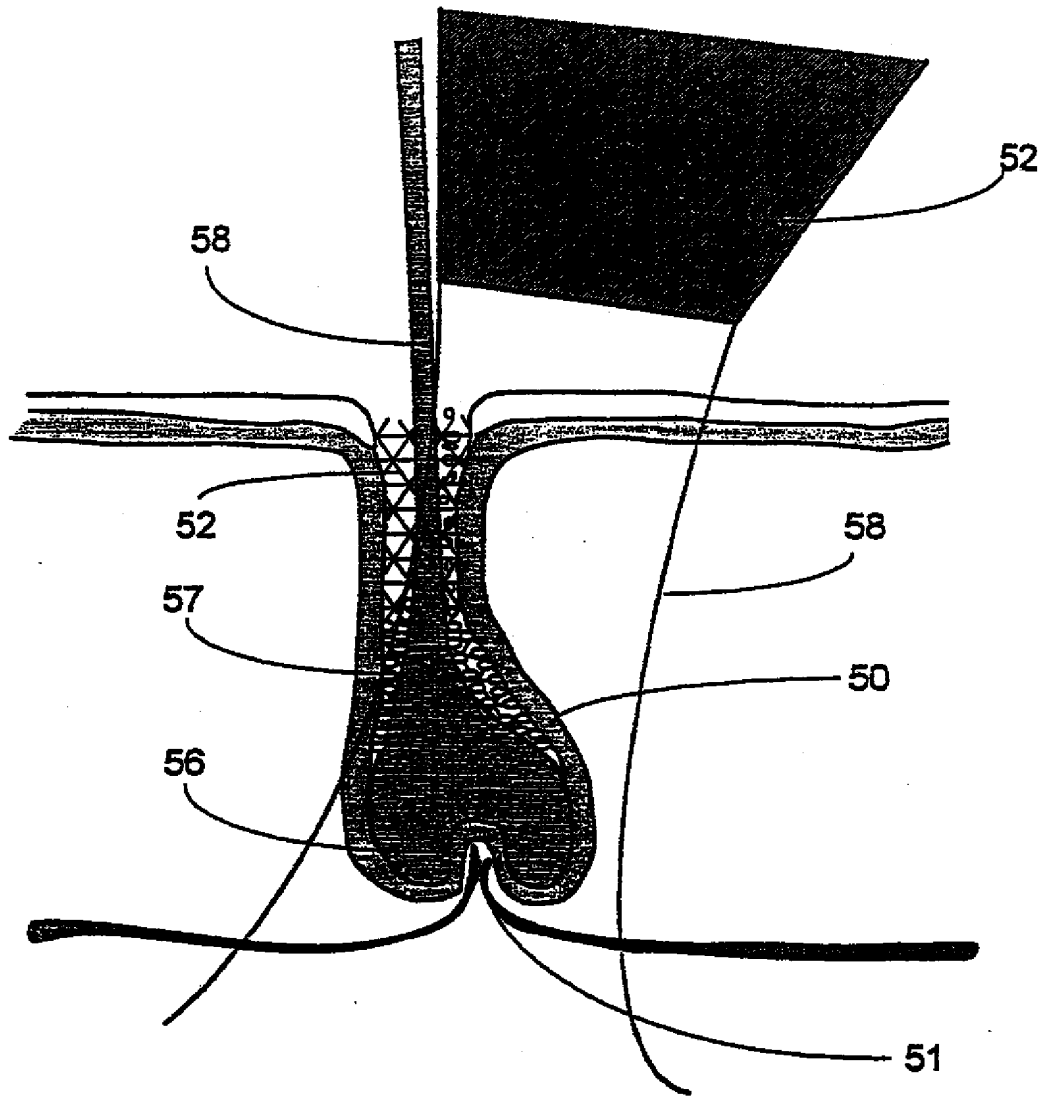
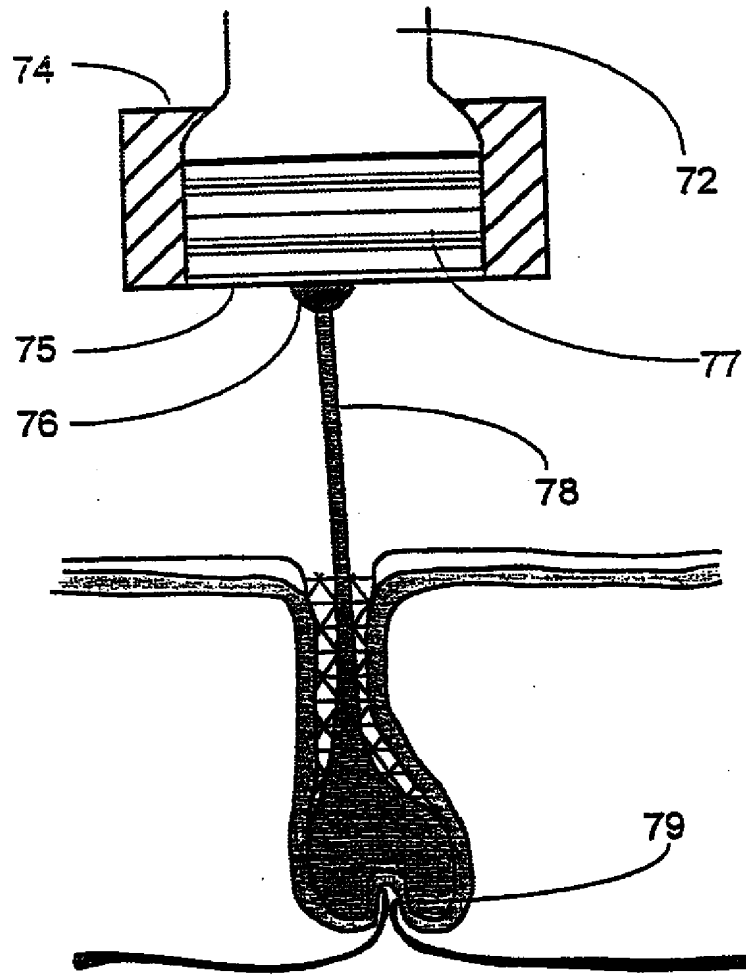
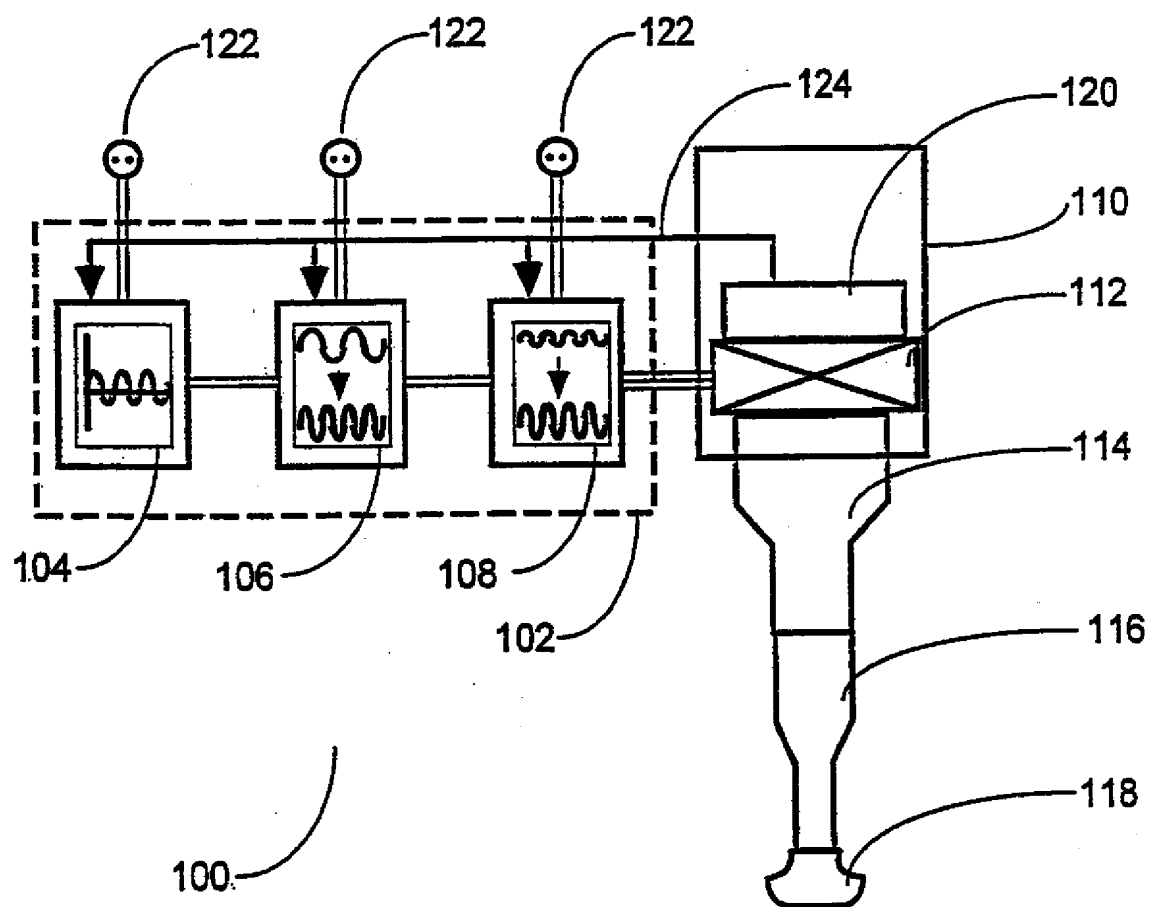


Diagram of a medical device 60. The device consists of a central shaft 61, a distal tip 63, and a proximal handle 62. The device is shown in a cross-sectional view, revealing internal components including a catheter 64 and a series of small circular elements 65 arranged along the shaft.

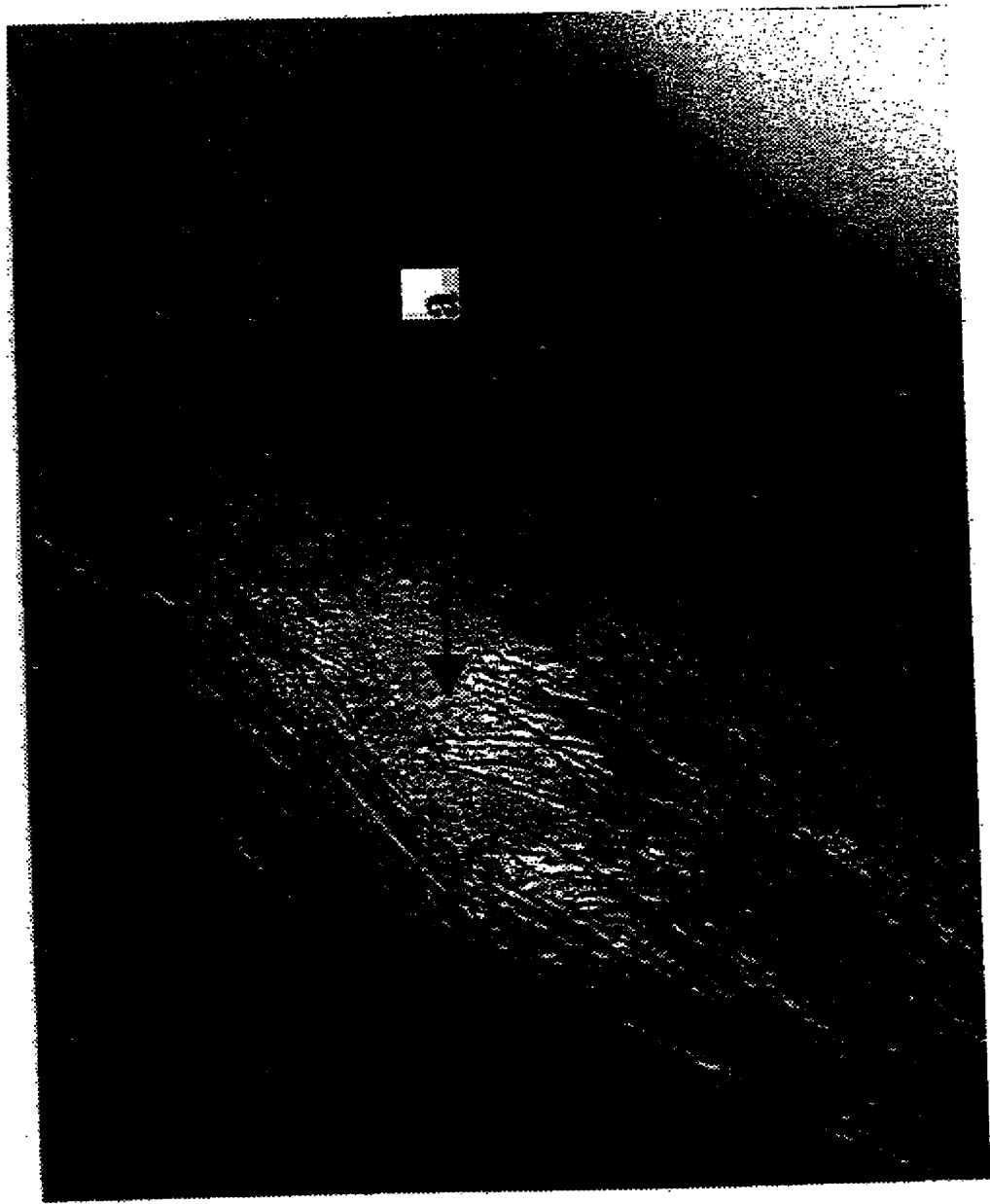
【図7 a】



【図7 b】



【図8】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/IL 99/00533

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 A61N7/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 A61N A45D A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 98 32379 A (TECHNION RES & DEV FOUNDATION ; IGER YONI (IL); KIMMEL EITAN (IL)) 30 July 1998 (1998-07-30) cited in the application	1,2, 48-51
Y	page 3, line 19 - line 20	26,27
A	page 15, line 20 - line 26	3,6,17, 22
Y	EP 0 824 003 A (TAPPER ROBERT) 18 February 1998 (1998-02-18) column 8, line 26 - line 56	26,27
A	EP 0 860 123 A (THERMOLASE CORP) 26 August 1998 (1998-08-26) page 3, line 2 - line 7	48-51

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 January 2000

Date of mailing of the international search report

25/01/2000

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mayer, E



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IL 99/00533

**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)**

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☒ Claims Nos.: 43-47  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:  
Rule 39.I(iv) PCT - Method for treatment of the human or animal body by surgery.
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/IL 99 00533

## FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

Continuation of Box I.1

Claims 1,2,6,17,22,48-51, containing a method for deterioration of blood supply by clogging blood vessels, were searched partially according to rule 39.1 (iv).

-----

Continuation of Box I.1

Claims Nos.: 43-47

Rule 39.1(iv) PCT - Method for treatment of the human or animal body by surgery

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. .onal Application No

PCT/IL 99/00533

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9832379 A	30-07-1998	AU 5234698 A	18-08-1998
EP 0824003 A	18-02-1998	JP 10146392 A	02-06-1998
EP 0860123 A	26-08-1998	US 5226907 A	13-07-1993
		AT 170056 T	15-09-1998
		DE 69226779 D	01-10-1998
		DE 69226779 T	25-03-1999
		DE 601130 T	07-11-1996
		EP 0601130 A	15-06-1994
		ES 2124265 T	01-02-1999
		GR 96300045 T	31-08-1996
		JP 2617084 B	04-06-1997
		JP 6509734 T	02-11-1994
		SG 49083 A	18-05-1998
		US 5425728 A	20-06-1995
		WO 9308715 A	13-05-1993
		US 5423803 A	13-06-1995
		US 5713845 A	03-02-1998
		US 5817089 A	06-10-1998
		US 5752948 A	19-05-1998
		US 5752949 A	19-05-1998
		US 5925035 A	20-07-1999
		US 5871480 A	16-02-1999

---

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW

(72)発明者 エマニュエル セガル  
イスラエル国 32686 ハイファ ハガリ  
ル ストリート 45

(72)発明者 ドミトリー エルマン  
イスラエル国 21053 マアロット カル  
コム ストリート 7/1

Fターム(参考) 4C060 JJ22 MM22  
4C083 AA021 AB081 AC761 AC931  
AD191 AD261 AD471 AD591  
BB11 BB60 CC18 DD23 EE09  
4C167 AA71 BB45 CC01 GG16